

# **Introdução às Medidas em Física**

**4300152**

**8<sup>a</sup> Aula**

# **Experiência V**

## **Curvas Características**

### **Objetivos:**

#### **Medidas de grandezas elétricas:**

**Estudar curvas características de elementos resistivos**

**Utilização de um multímetro**

**Influência do aparelho medidor no resultado da medida**

#### **Análise de dados:**

**Análise Gráfica**

**Comparação com um modelo**

# Conceitos básicos

A tensão elétrica ( $V$ ) é uma diferença de potencial elétrico entre dois pontos

Ela é definida como o trabalho por unidade de carga realizado durante o deslocamento de uma carga positiva de um ponto a outro sob a ação de um campo elétrico ( $E$ )

Se o campo elétrico ( $E$ ) é uniforme entre dois pontos que estão a uma distância  $d$  um do outro, podemos escrever:

$$V = \frac{dW}{dq} \qquad V = E \cdot d$$

# Conceitos básicos

**A corrente elétrica ( $i$ ) é definida como o movimento de cargas elétricas numa direção preferencial**

**O caso mais comum de corrente elétrica é o movimento de elétrons livres em um material condutor**

**Sua unidade no SI é o ampere que é a quantidade de carga ( $\Delta Q$  em Coulombs) que atravessa a seção reta do condutor por unidade de tempo ( $\Delta t$  em segundos):**

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

# Elemento Resistivo

**Elemento resistivo é aquele para o qual existe uma relação direta (uma função) entre a tensão aplicada sobre o elemento e a corrente elétrica que passa por ele**

**A relação mais simples que podemos ter é a chamada *lei de Ohm* que é dada por:**

$$V = R \cdot i$$

**onde  $R$  é a uma constante e representa resistividade do elemento**

# Elemento Resistivo

Ao se movimentarem, os elétrons sofrem choques sucessivos com outros elétrons e os átomos do material

Essa dificuldade de trânsito dos elétrons é chamada de resistência elétrica do material ( $R$ )

Ela é definida como a razão entre a tensão ( $V$ ) e a corrente ( $i$ ) que passa pelo elemento:

$$R = \frac{V}{i}$$

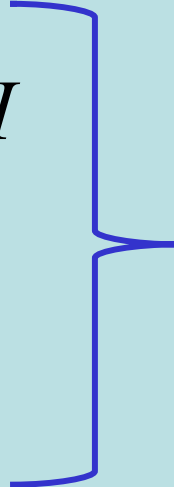
**Um elemento resistivo pode ser:**

**Ôhmico:** quando a resistência é constante para todo par ( $V, i$ ), ou seja, a corrente varia linearmente com a tensão

**Não-ôhmico:** quando a resistência não é constante para todo par ( $V, i$ ), ou seja, a corrente varia não-linearmente com a tensão

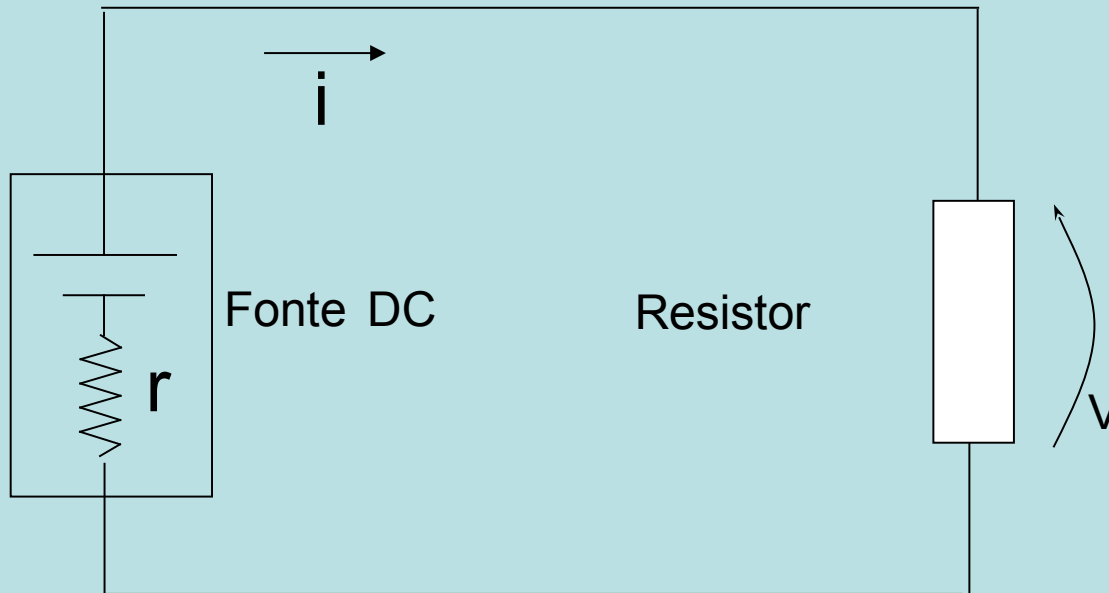
# Potencia Elétrica

Potência elétrica pode ser definida como o trabalho realizado pela corrente elétrica em um determinado intervalo de tempo.

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = V \cdot I$$
$$V = R \cdot i$$
$$P = R \cdot I^2$$


# Circuito elétrico

É uma associação de elementos elétricos (resistivos ou não), normalmente formando uma rede fechada por onde passa uma corrente elétrica ( $i$ )



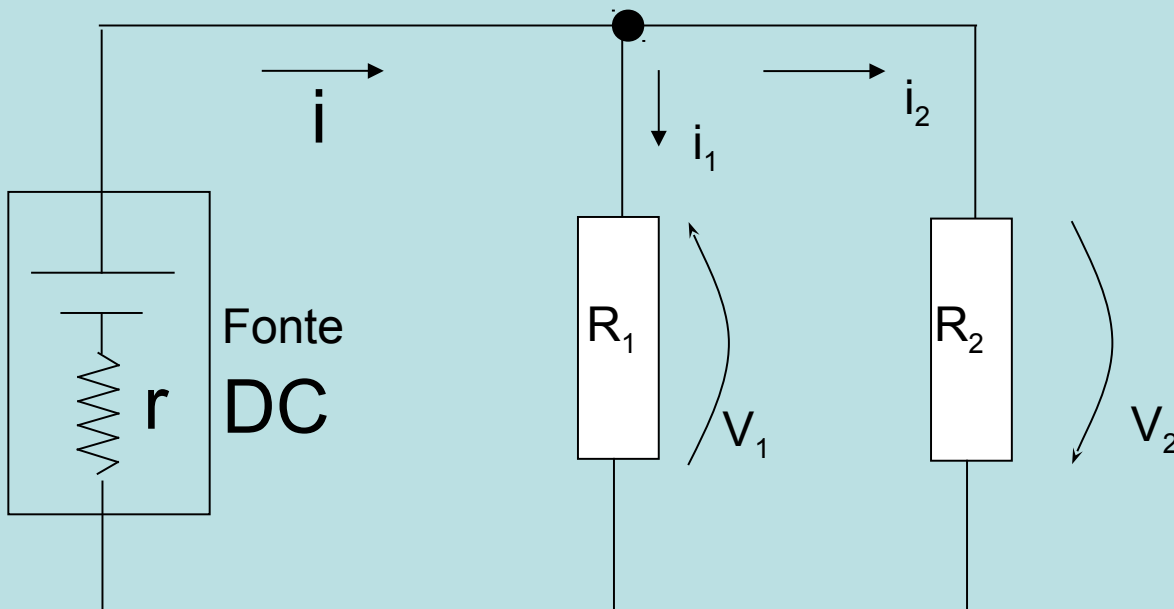
Circuitos elétricos são extremamente importante para a nossa tecnologia, estando presentes em basicamente qualquer aparelho eletrônico



# Leis de Kirchhoff

A soma das tensões em todos os elementos do circuito fechado são iguais a zero;

A soma das correntes em um nó do circuito é igual a zero;



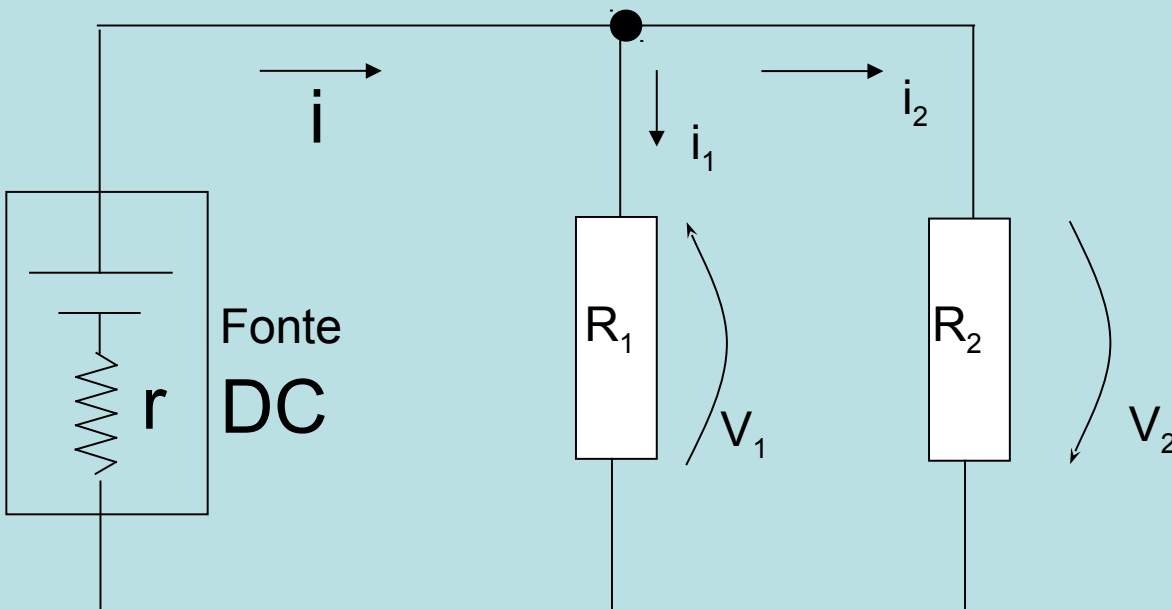
$$V_1 + V_2 = 0$$

$$i + i_1 + i_2 = 0$$

# Leis de Kirchhoff

Portanto:  $V_1 = -V_2$ .

Por exemplo, se desejo medir  $V_1$ , posso medir  $V_2$  através de  $i_2$  e  $R_2$ , que me levará a  $V_1$ .

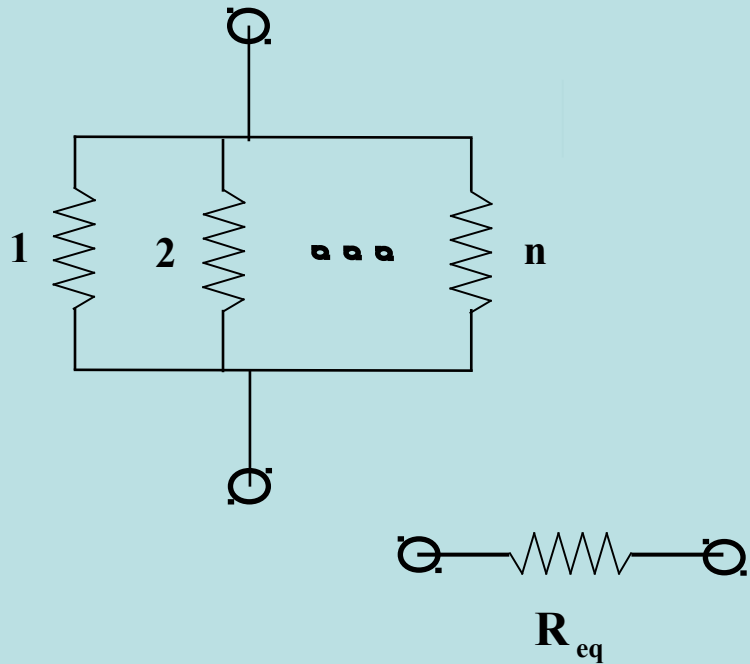


$$V_1 + V_2 = 0$$

$$i + i_1 + i_2 = 0$$

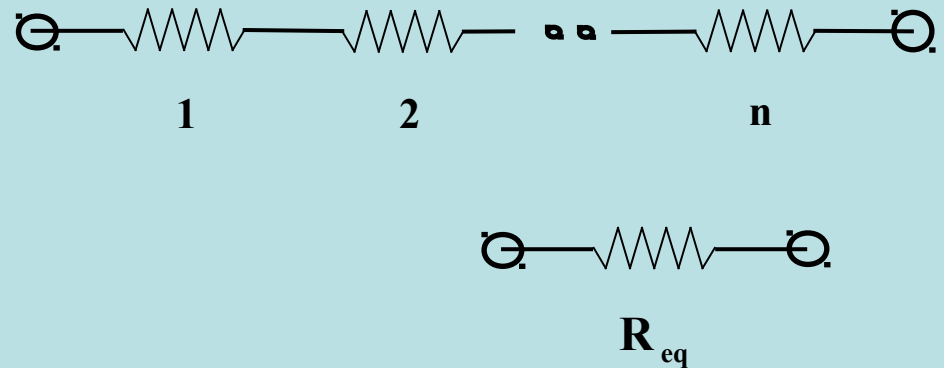
# Resistência Equivalente

## Resistores em paralelo



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

## Resistores em série



$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

# Curva Característica

Para estudar elementos resistivos em um circuito levantamos sua curva característica

Ela corresponde ao gráfico da tensão ( $V$ ) em função da corrente ( $i$ )

Esse gráfico nos permite caracterizar o comportamento do elemento resistivo e, portanto, do circuito

Como é possível medir grandezas elétricas, como corrente, tensão e resistência?

## Multímetro

Instrumento para medida de tensão, corrente e resistência

Na realidade é um detector sensível a intensidade de corrente

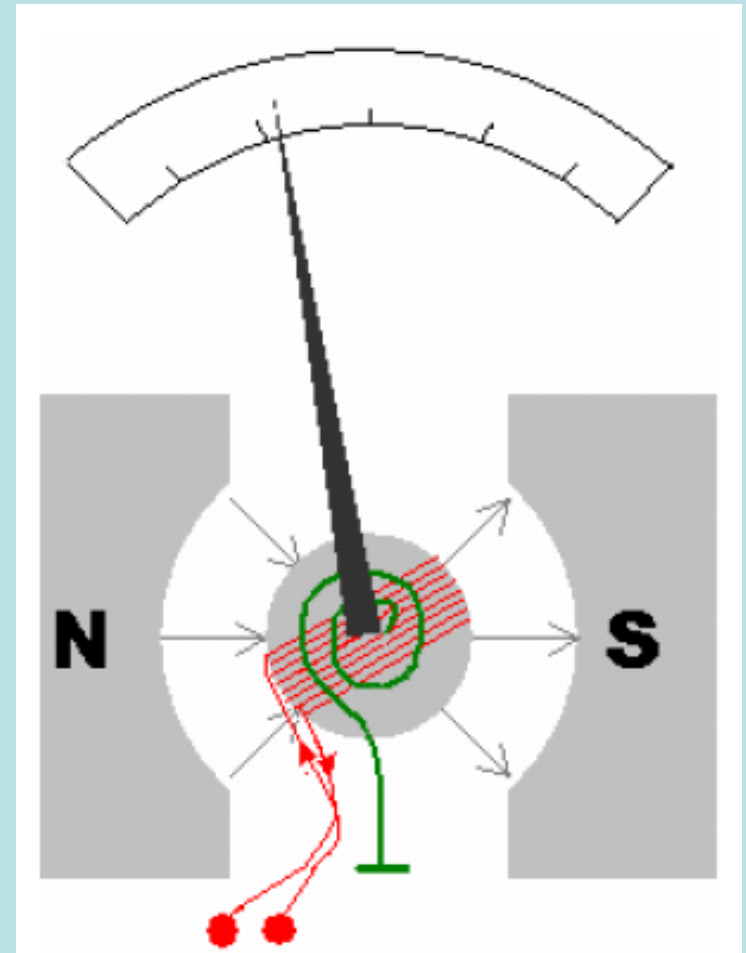
A origem do multímetro é um aparelho chamado galvanômetro

# Galvanômetro

O galvanômetro, inventado por William Sturgeon em 1836 (cujo nome é uma homenagem a Luigi Galvani), é um detector sensível a intensidade de corrente;

Interação entre a corrente elétrica em uma bobina e um campo magnético

Torque proporcional à corrente elétrica

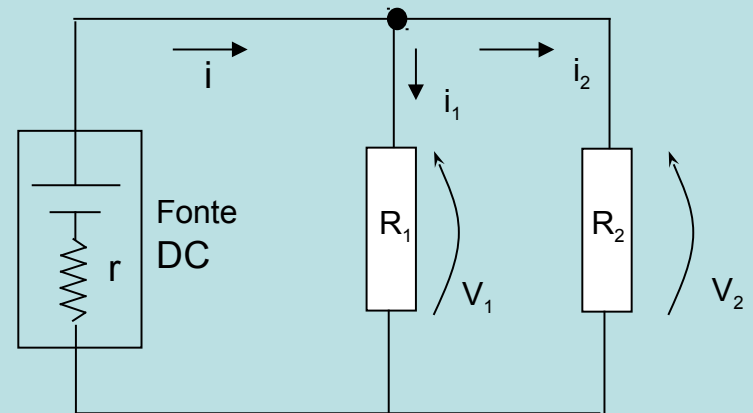


# Multímetro

Como utilizar um multímetro para medir correntes e tensões elétricas?

Faz-se circuitos simples de forma que a corrente elétrica que passa pelo multímetro seja proporcional à corrente ou tensão elétrica que queremos medir

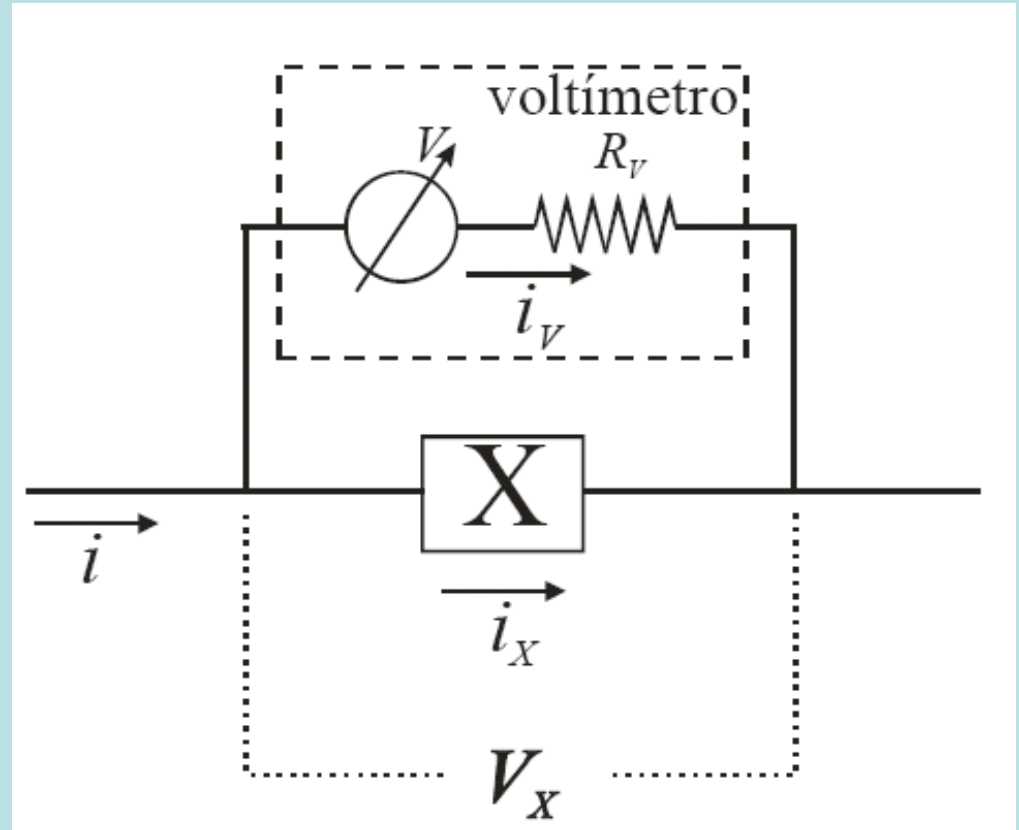
Ajusta-se a escala de modo a converter a corrente no multímetro para a grandeza medida



# Voltímetro

Quando o multímetro está operando para medir tensão

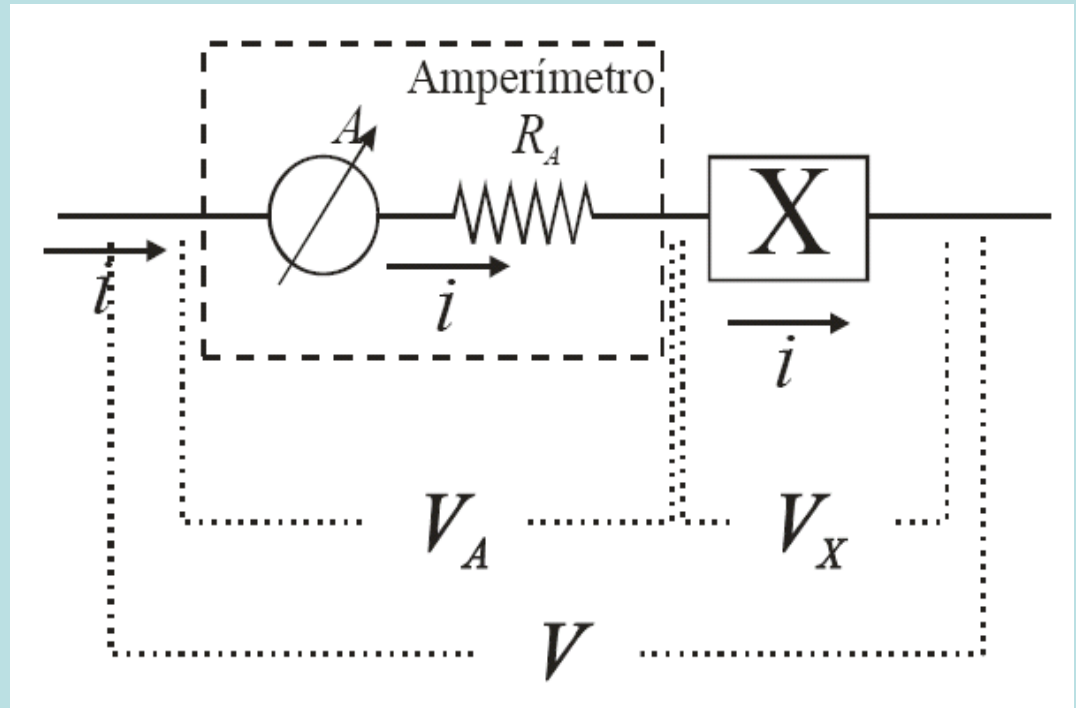
Ele sempre é montado em paralelo ao elemento do qual se quer medir a tensão



# Amperímetro

Quando o multímetro está operando para medir corrente

Ele sempre é montado em série ao elemento do qual se quer medir a corrente

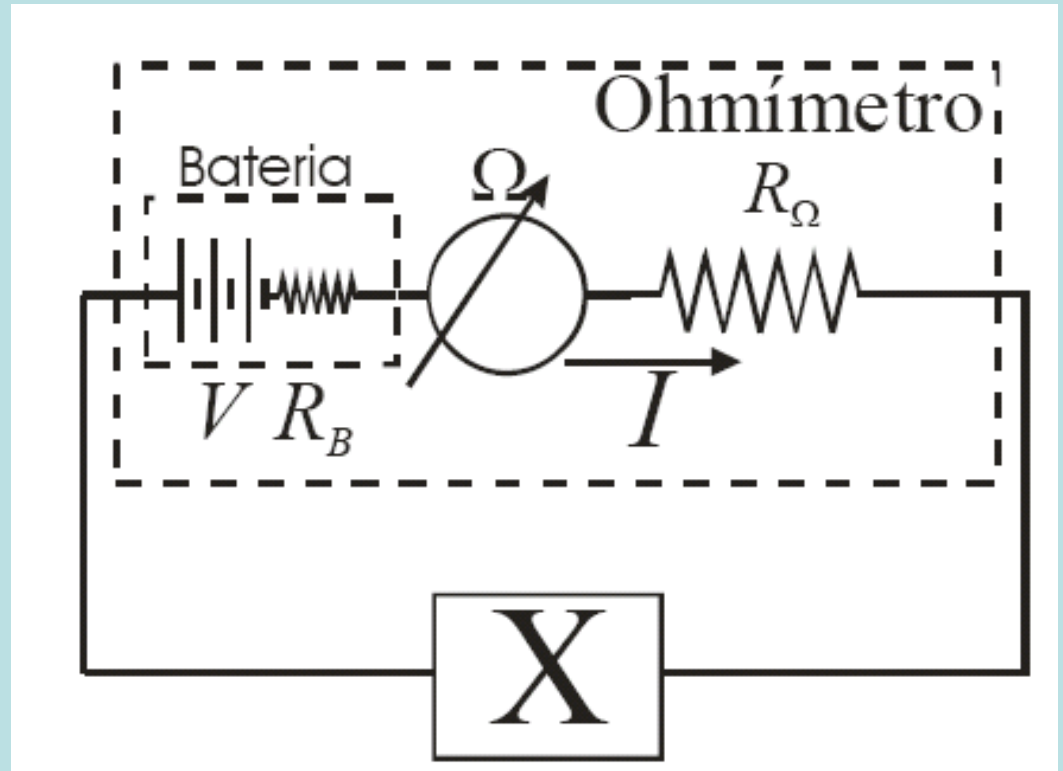




# Ohmímetro

Quando o multímetro está operando para medir resistência

Ele sempre é montado em paralelo ao elemento do qual se quer medir a resistência e sem fonte de tensão ligada ao mesmo.



# Uma consequência importante

**Voltímetros, amperímetros e ohmímetros possuem resistência**

**Voltímetros, amperímetros e ohmímetros medem através do desvio de um pouco de corrente para o instrumento**

**Voltímetros, amperímetros e ohmímetros MODIFICAM as tensões e correntes em um circuito. Eles alteram as medidas...**

# Medida de resistência elétrica

**O objetivo da 1ª parte do experimento é medir a resistência elétrica de um resistor ôhmico;**

**Vamos realizar essa tarefa de três maneiras diferentes, comparando e discutindo os resultados de cada medida e observando o efeito do instrumento de medida sobre a mesma.**

# Medida de resistência elétrica

Utilizar três maneiras diferentes

verificar para que situações cada um dos procedimentos é mais adequado e porque

**Procedimento 1: Direto**

Multímetro = Ohmímetro

$$R_{resistor} = R_{medido}$$

**Procedimento 2 e 3: Circuito**

Multímetro 1 = Voltímetro

Multímetro 2 = Amperímetro

$$R_{resistor} = \frac{V_{resistor}}{I_{resistor}} \approx \frac{V_{voltim}}{I_{amperim}}$$

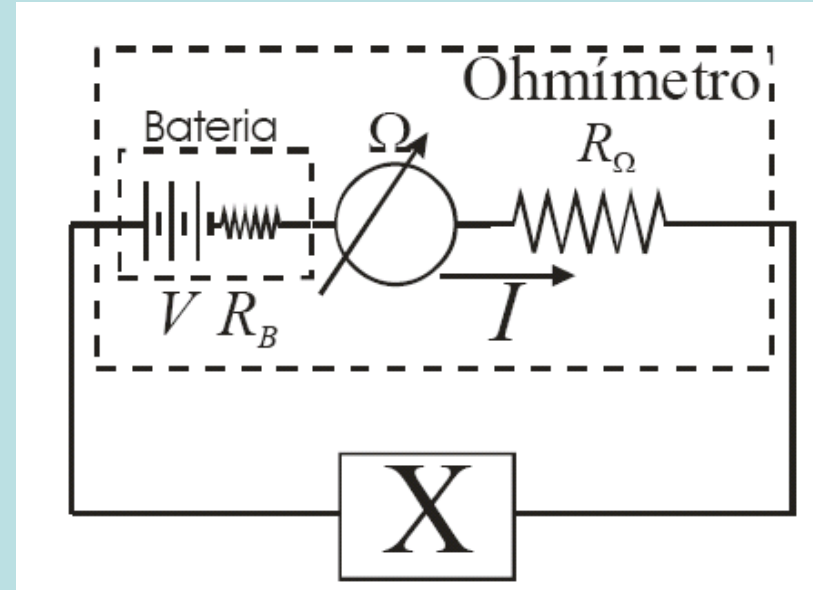
# Procedimento Experimental

**1º Procedimento: inicialmente, meça a resistência dos resistores comerciais fornecidos pelo professor usando o multímetro na função de ohmímetro**

# Procedimento 1

A bateria do ohmímetro possui uma resistência interna ( $R_B$ ):

Essa resistência não é levada em consideração pois varia com o uso do aparelho:



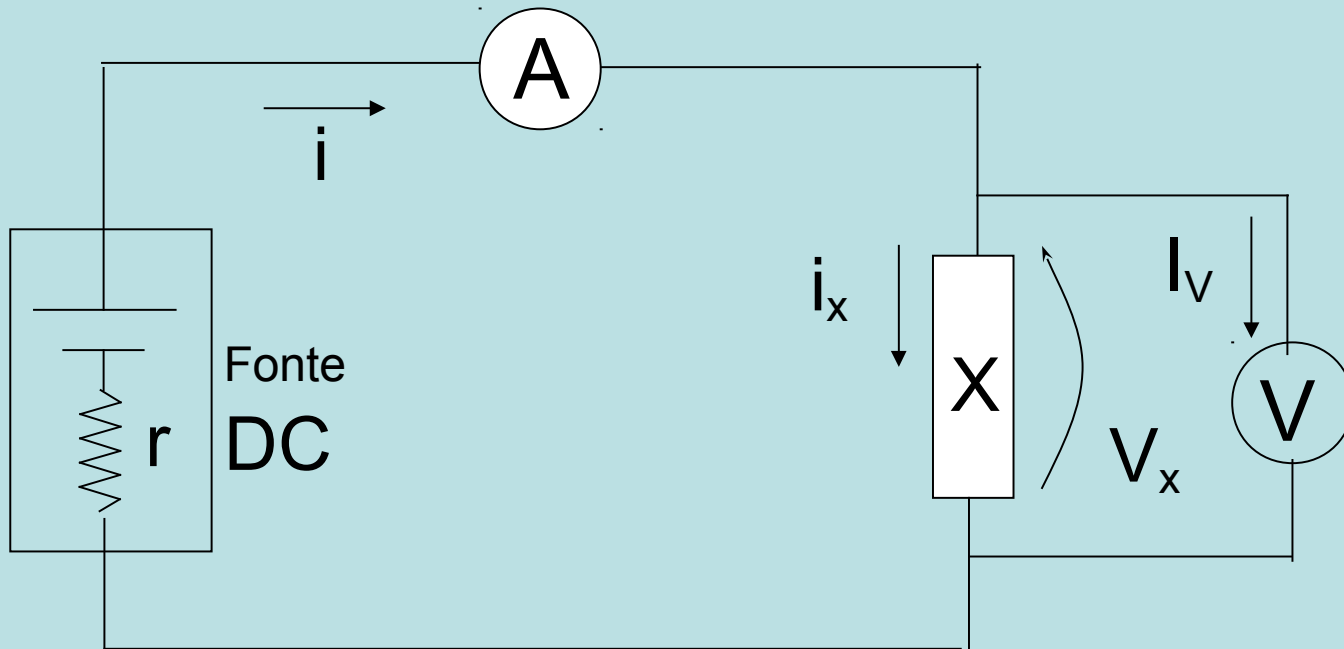
$$i = \frac{V}{R_X + R_B + R_\Omega}$$

$$R_X = \frac{V}{i} - R_B - R_\Omega$$

Se  $R_X \gg R_B + R_\Omega$  essa resistência pode ser desprezada e a resistência medida é aproximadamente igual a  $R_X$

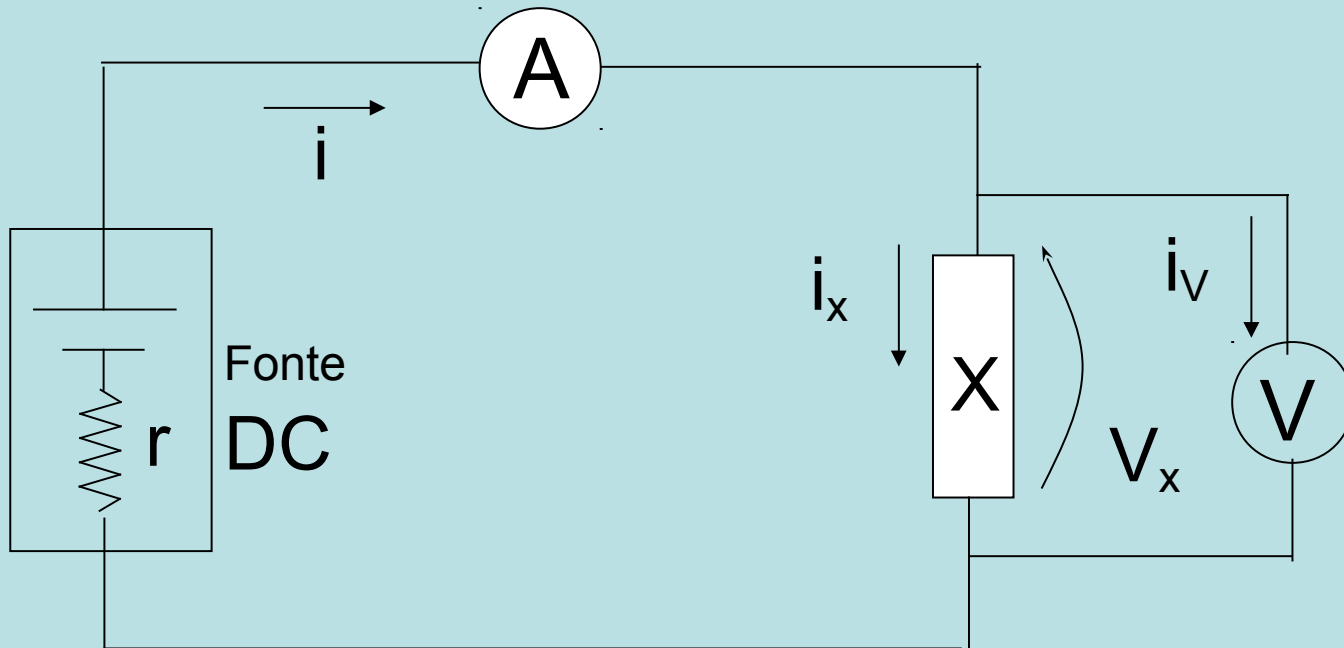
# Procedimento Experimental

2º Procedimento: monte o circuito abaixo, meça  $i$  com um amperímetro e  $V_x$  com um voltímetro e obtenha  $R_x$  através da definição de resistividade, ou seja,  $R_x = V_x / i$



# Procedimento Experimental

2º Procedimento: note que estamos medindo  $i$  e não  $i_x$ . Qual a consequência disso? Para este procedimento ser preciso, que condições o circuito deve satisfazer?





# Procedimento 2

O Voltímetro possui resistência interna:

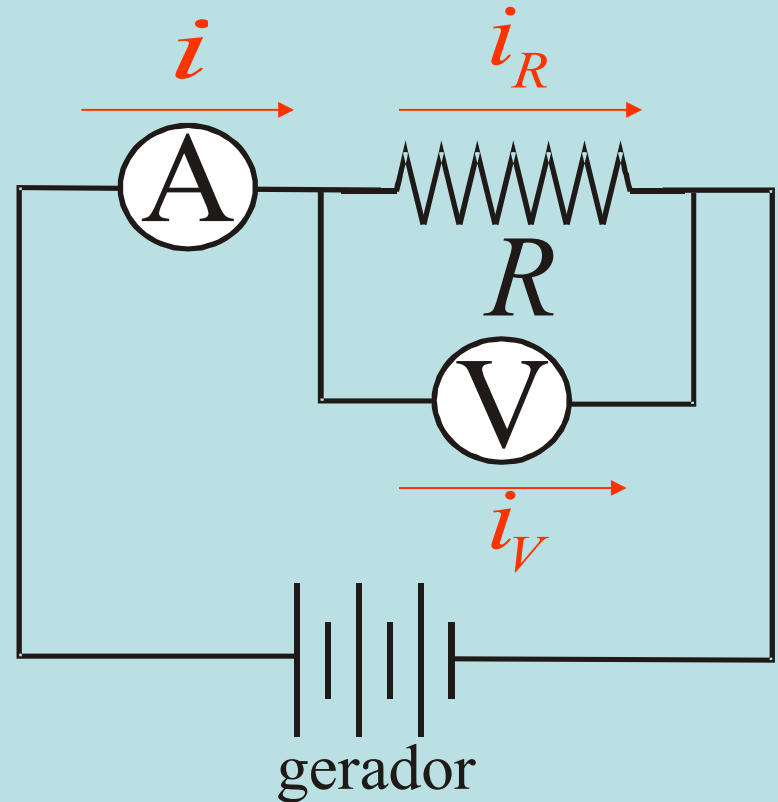
A resistência, por construção, é muito grande;

Provoca “desvio” de corrente:

$$V_{medido} = V_{volt} = V_{res}$$

$$i_{medido} = i_{amp} = i_{volt} + i_{res}$$

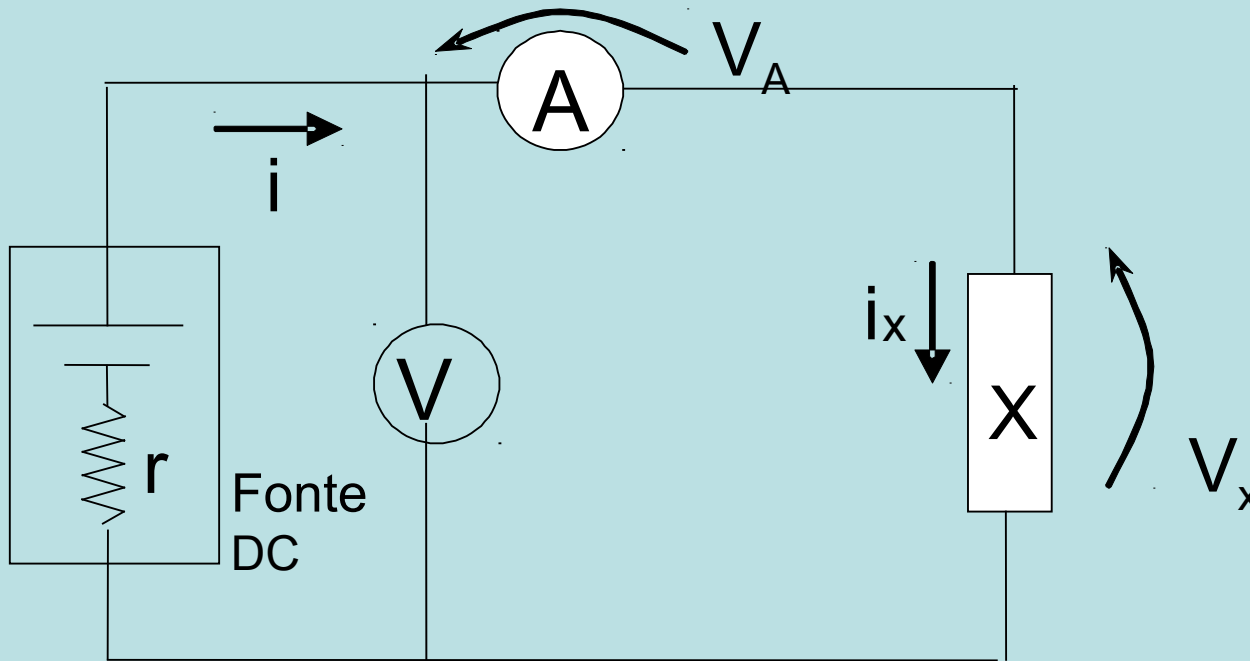
$$R_{medido} = \frac{V_{volt}}{i_{amp}} = \frac{V_{res}}{i_{volt} + i_{res}} < R_{res}$$



Se  $R_V \gg R$  implica em  $i_R \gg i_V$  e  
A resistência medida é aproximadamente igual a  $R$

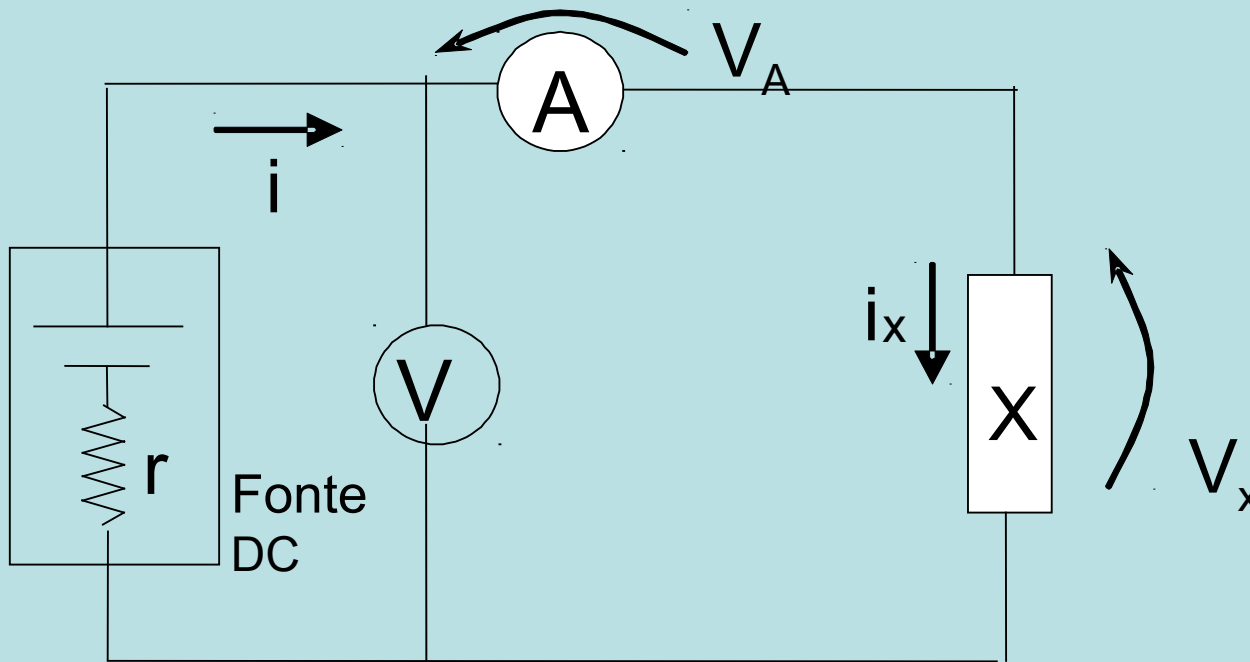
# Procedimento Experimental

3º Procedimento: monte o circuito abaixo, meça  $i_x$  com um amperímetro e  $V (=V_A + V_x)$  com um voltímetro e obtenha  $R_x$  através da definição de resistividade,  $R_x = V / i_x$



# Procedimento Experimental

3º Procedimento: note que estamos medindo  $V (=V_A + V_x)$  e não  $V_x$ .  
Qual a consequência disso? Para este procedimento ser preciso, que condições o circuito deve satisfazer?



# Procedimento 3

O Amperímetro possui resistência interna:

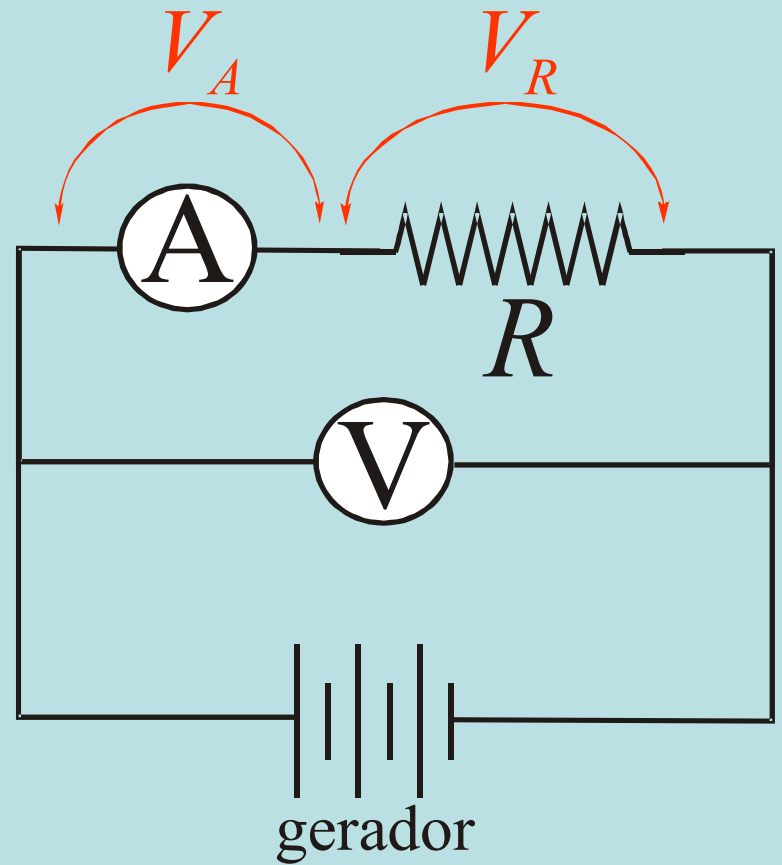
Resistência, por construção, muito pequena;

Provoca queda de tensão:

$$V_{medido} = V_{volt} = V_{amp} + V_{res}$$

$$i_{medido} = i_{amp} = i_{res}$$

$$R_{medido} = \frac{V_{volt}}{i_{amp}} = \frac{V_{amp} + V_{res}}{i_{amp}} = R_{amp} + R_{res}$$



Se  $R_A \ll R$   
A resistência medida é aproximadamente igual a  $R$

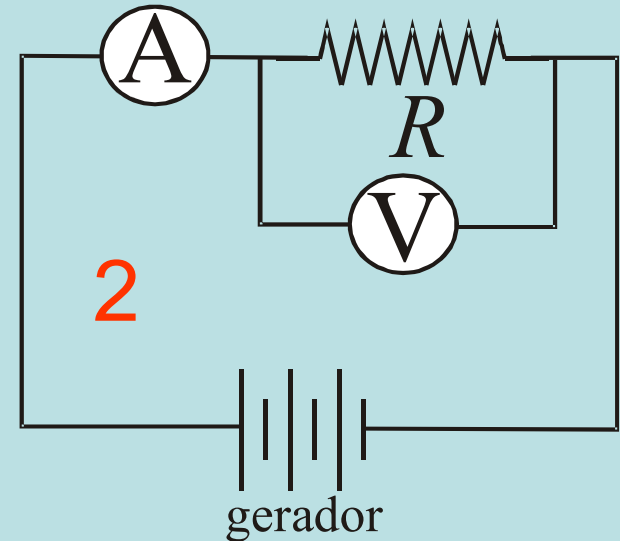
# Conclusões

Dependendo do valor da resistência elétrica a ser estudada, um circuito é mais adequado que o outro

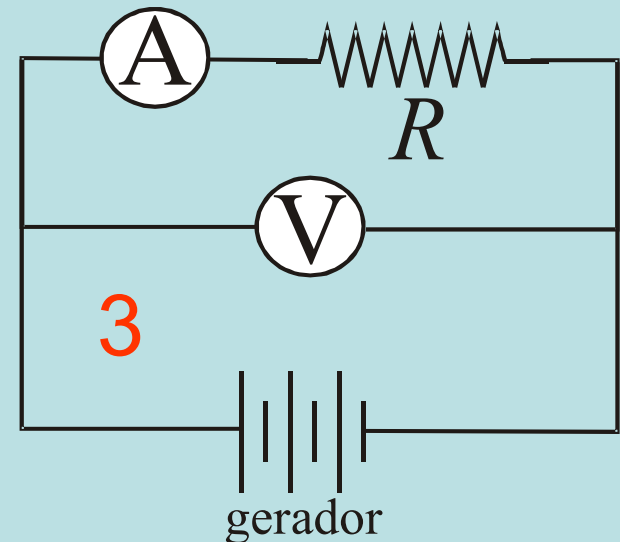
Para altas resistências, o procedimento 1 e 3 são mais adequados que o 2 e vice-versa.

Altas resistências significam comparáveis à resistência do voltímetro

$$R_{\text{medido}} = \frac{V}{i} = \frac{V_R}{i_V + i_R} < R$$



$$R_{\text{medido}} = \frac{V}{i} = \frac{V_A + V_R}{i} = R_A + R$$



# Análise de Dados

**Calcule  $R_{medido}$  dos três resistores disponíveis das três maneiras sugeridas**

**Verifiquem o manual dos multímetros para as incertezas nas medidas**

**Os valores são iguais? Por quê?**

**Qual o melhor procedimento de medida em cada caso? Por quê?**

# Qual é a incerteza do voltímetro e do amperímetro?

Como avaliar incerteza para uma medida de tensão = 1,840 V (escala de 2 V) ?

Procurar no manual do instrumento a tabela relativa à função e escala utilizadas

Cada escala possui uma incerteza distinta

Em geral, é fornecida a incerteza estatística (em porcentagem) e a sistemática (em dígitos)

Ex: para tensão elétrica contínua

Incerteza = 0,2% + 3D

O que isso significa?

# 0,2% + 3D - O que é isso?

## 0,2%

**Incerteza estatística**

**Porcentagem do valor medido**

**Ex: valor medido: 1,840 V**

**Incerteza:  $0,2 / 100 * 1,840 = 0,004 \text{ V}$**

## 3D

**Três algarismos na última casa decimal da medida**

**Ex: valor medido: 1,840 V**

**Incerteza: 0,003 V**

## **Incerteza total da medida**

**Soma linear (superestimando) = 0,007 V**